

Національна Академія наук України
Академія технологічних наук України
Інженерна академія України
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та
військової техніки, Україна
Університет Гліндор, м. Рексхем, Великобританія
Військова дослідницька лабораторія США, м. Аделфі, США
Інститут оборони ім. С. Лазарова, м. Софія, Болгарія
Технічний університет Лодзі, Польща
Технічний університет м. Рига, Латвія
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. І. Сікорського»
Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка
Черкаський державний технологічний університет
Інститут проблем безпеки атомних електростанцій (ІПБАЕС) НАН України
Національний університет «Чернігівська політехніка»

ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ МОДС 2021

Тези доповідей



Чернігів 2021

Міністерство освіти і науки України
Національна Академія наук України
Академія технологічних наук України
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки, Україна
Університет Гліндор, м. Рексхем, Великобританія
Військова дослідницька лабораторія США, м. Аделфі, США
Інститут оборони ім. С.Лазарова, м.Софія, Болгарія
Технічний університет Лодзі, Польща
Технічний університет м. Рига, Латвія
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. І.Сікорського»
Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка
Черкаський державний технологічний університет
Інститут проблем безпеки атомних електростанцій (ІПБАЕС) НАН України
Національний університет «Чернігівська політехніка»

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
МОДС 2021**

**ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**

28 червня – 01 липня 2021 р., Україна, м. Чернігів

Тези доповідей



**Чернігів
2021**

УДК 004.94(063)
М34

Друкується за рішенням вченої ради Національного університету «Чернігівська політехніка» (протокол вченої ради НУ «Чернігівська політехніка» № 6 від 30.06.2021).

Редакційна колегія:

Казимир В. В., д.т.н., професор, НУ "Чернігівська політехніка"
Базилевич В. М., к.е.н., доцент, НУ "Чернігівська політехніка"
Войцеховська М. М., д.ф., НУ "Чернігівська політехніка"
Логінов О. В., аспірант, НУ "Чернігівська політехніка"
Хропатий О. М., аспірант, НУ "Чернігівська політехніка"

Математичне та імітаційне моделювання систем.
М34 МОДС 2021: тези доповідей Шістнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (28 червня – 01 липня 2021 р., м. Чернігів) / М-во освіти і науки України ; Нац. Акад. наук України ; Академія технологічних наук України ; Інженерна академія України та ін. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 148 с.

ISBN 978-617-7932-20-7

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2021”. В доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем з використанням математичних та імітаційних методів.

УДК 004.94(063)

ISBN 978-617-7932-20-7

© Національний університет
«Чернігівська політехніка», 2021

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ ТА ГЕОЛОГІЇ

- D.V. Lande, O.O. Dmytrenko**
RESEARCH OF TOPOLOGICAL PROPERTIES OF NETWORK
REFLECTIONS OBTAINED USING DIFFERENT ALGORITHMS
FOR SCANNING INITIAL NETWORKS..... 10
- V.G. Sandrakov, A. L. Hulianytskyi**
HOMOGENIZATION METHODS FOR MODELING PROCESSES
OF DIFFUSION AND FILTRATION IN POROUS MEDIA 12
- N.D. Pankratova, V.A. Pankratov**
MODELING OF SCENARIOS FOR DEVELOPMENT PLANNING
OF UNDERGROUND INFRASTRUCTURE FOR LARGE CITIES IN
CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND MULTIFACTORIAL
RISKS..... 15
- Й. Гелетей, К. Глухов, О. Чобаль, Н. Попович, В. Різак**
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АДСОРБЦІЇ АДЕНІНУ НА
ПОВЕРХНІ (110) РУТИЛУ 19
- О. Пилипенко, Р. Беженар, С. Ківва, М. Железняк**
ВПРОВАДЖЕННЯ ГІДРОМОДУЛЯ СИСТЕМИ RODOS ДЛЯ
ОЦІНКИ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ДЛЯ
СЦЕНАРІЇВ АВАРІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РІЧОК І МОРЯ
НОВОЮ АЕС В ПОЛЬЩІ..... 21
- Р.В. Беженар, В.С. Мадерич, К.В. Терлецька**
РОЗРАХУНОК ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ЛЮДИНИ ВІД
СПОЖИВАННЯ МОРЕПРОДУКТІВ У РЕЗУЛЬТАТІ
МАЙБУТЬОГО СПУСКУ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНОЇ
ВОДИ З РЕЗЕРВУАРІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕС ФУКУСИМА-1..... 24

СЕКЦІЯ 2

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ

V.Y. Petrivskiy, V.L. Shevchenko, O.S. Bychkov, O.I. Pokotylo
MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES OF COVERAGE
OF THE TERRITORY BY SENSORS WITH ENERGY
CONSUMPTION OPTIMIZATION 30

**А. В. Кондратьєв, О. В. Гайдачук, А. А. Царіцинський,
Т. П. Набокiна**
МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ ВИРОБІВ
НА ОСНОВІ ПРЕПРЕГІВ..... 33

В.В. Кулик
ВИРОБНИЧА ІНФРАСТРУКТУРА І КРИТЕРІЇ
ЇЇ КРИТИЧНОСТІ..... 36

СЕКЦІЯ 3

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Alyoshin S., Haitan O.
NEURAL NETWORK SUPPORT OF PULSE OXIOMETRY UNDER
CONDITIONS OF UNCERTAINTY 44

Inna V. Stetsenko, Vladyslav V. Paliї
OPTIMIZATION OF TRAFFIC LIGHTS PARAMETERS ON ROAD
SECTION BASED ON INCOMING DATA FROM CAMERAS 46

О.М. Khropatyї
MODELING OF A QUEUING SYSTEM BASED ON CEN
NETWORK IN GPSS WORLD SOFTWARE ENVIRONMENT 48

S.B. Prykhodko, N.V. Prykhodko
A MODIFIED TECHNIQUE FOR CONSTRUCTING NONLINEAR
REGRESSION MODELS BASED ON THE MULTIVARIATE
NORMALIZING TRANSFORMATIONS AND PREDICTION
INTERVALS..... 53

V. V. Palii, I. V. Stetsenko TRAFFIC LIGHTS PARAMETERS OPTIMIZATION BASED ON ROAD SECTION SIMULATION	56
V.V. Shevchenko, D.S. Berestov, I.P. Sinitsyn, M.G. Brazhenenko MODELING THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF STUDENTS AS A MODEL FOR THE DISSEMINATION OF INFORMATION IN SOCIETY	57
Zaslavskiy Alexandr, Karpenko Oleh POLEHROGNOSTIC MODEL OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT	61
Агієнко М.Ю., Неруш К.Ю., Трунова О.В. АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОСУВАННЯ ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ САЙТУ КАФЕДРИ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ	64
Голуб С.В., Куницька С.Ю. АГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОНИТОРИНГОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	67
І.В. Стеценко, В. В. Севрцев ПАРАЛЕЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ БАГАТОРЯДНОГО АЛГОРИТМУ НА ОСНОВІ МГУА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	70
К. В. Хурцилава, С. Я. Майстренко, Т. О. Донцов-Загреба ОСОБЛИВОСТІ СЕКЦІОНУВАННЯ У POSTGRESQL НА ПРИКЛАДІ БАЗИ ДАНИХ СИСТЕМ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ	75
Ковальов Д.І., Волошин О.Ф. АВТОМАТИЧНА ГЕНЕРАЦІЯ НАВЧАЛЬНИХ ТЕСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОЇ ОБРОБКИ ПРИРОДНО- МОВНИХ ТЕКСТІВ.....	79
Л.В. Халанчук, С.В. Чопоров ЕЛІПТИЧНІ МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ СІТКИ ПОВЕРХНІ	82

Література

1. Montague, R. English as a formal language / R. Montague, edited by R. H. Thomason // Formal Philosophy. – Yale University Press, 1974.
2. Швецов, А. Н. Построение приближенной концептуальной модели предметной области на основе анализа смысла естественно-языковых текстов / А. Н. Швецов, В. С. Алешин // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM'2003 : сб. докл. Т. 2. – СПб., 2003. – С. 120 – 123.

ЕЛІПТИЧНІ МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ СІТКИ ПОВЕРХНІ

Л. В. Халанчук¹, С. В. Чопоров²

*¹Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, Україна*

²Запорізький національний університет, Україна

Враховуючи інтенсивний розвиток комп'ютерних технологій, особливого значення набуває математичне моделювання різноманітних фізичних процесів. Багато таких процесів описується рівняннями з частинними похідними, аналітичний розв'язок яких іноді неможливо отримати через складність отриманих рівнянь, складну геометрію області чи інші фактори. Тому чисельні методи розв'язання рівнянь з частинними похідними широко застосовуються в різних областях науки і техніки. Під час чисельних методів розв'язок шукають у вузлах сітки, на яку розбивається розрахункова область. Задача побудови розрахункової сітки полягає в пошуку відображення, що переводить вузли сітки з фізичної області в розрахункову. Таке відображення повинно задовольняти багатьом умовам відповідно до поставленої задачі. Наприклад, сітка повинна мати згущення в тій області, де можлива поява великих градієнтів шуканих функцій. Тому дослідження методів деформації сітки є актуальною задачею.

Для розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними часто бажана адаптивна стратегія, одним із важливих підходів якої є метод деформації сітки [1]. Він застосовується до різних фізичних та інженерних проблем, таких як горіння, ударні хвилі, реакції дифузії та двофазні потоки [2-4]. В роботах [5-6] розглянуто методи деформації структурованої сітки з використанням контролюючих функцій диференціального рівняння Пуассона. Дослідження згущення вузлів сітки через контрольні функції, що задавали області діагональних ліній,

круга, синусоїди за допомогою рівняння Ейлера, що застосовується в задачах газової динаміки, показано в статті [7]. Враховуючи широке застосування структурованих сіток в прикладних задачах, можна стверджувати, що розробка методів генерації дискретних моделей, скінченні елементи яких згущуються в місцях концентрації напруги і в місцях, де конструкція має особливу форму, є актуальною задачею.

Метою даної роботи є аналіз актуального стану проблеми керування згущенням сітки під час автоматичної побудови структурованих дискретних моделей (сіток) геометричних об'єктів, що представлені поверхнями тіл обертання.

В структурованих сітках алгоритм нумерації вузлів і визначення комірок, узгоджених з межею, доволі простий. Конструкція таких сіток дозволяє легко збільшувати кількість вузлів для оцінки збіжності, похибки і для підвищення точності чисельних методів розв'язку крайових задач. Диференціальні методи на основі еліптичних і параболічних рівнянь дають гладкі внутрішні координатні лінії, тому є можливість будувати ортогональні лінії та лінії, що згущуються. Розглянемо диференціальний метод на прикладі еліптичного рівняння. Для криволінійної розрахункової області при побудові сітки використовують перетворення координат, що дозволяє криволінійну фізичну область в системі координат (x, y) перевести до прямокутної розрахункової області в системі (ξ, η) . Зв'язок між фізичною та розрахунковою областями визначається залежностями:

$$x = x(\xi, \eta), \quad y = y(\xi, \eta). \quad (1)$$

У найпростішому узагальненому вигляді, з урахуванням перетворення з фізичної до розрахункової області координат (1), маємо рівняння Лапласа для генерації структурованої сітки, що дозволяють отримати рівномірну сітку. Для отримання згущення сітки в потрібних областях використовують контрольні функції $P(\xi, \eta)$, $Q(\xi, \eta)$ і рівняння Пуассона:

$$\nabla^2 \xi = P(\xi, \eta), \quad \nabla^2 \eta = Q(\xi, \eta). \quad (2)$$

Оскільки лінії сітки задають в просторі (ξ, η) , то необхідно отримати залежності $x = x(\xi, \eta)$, $y = y(\xi, \eta)$, тому залежні і незалежні змінні в рівнянні (2) необхідно поміняти місцями. Розв'язок системи (2) в розрахунковій області системи координат (ξ, η) отримує вигляд:

$$\begin{cases} g_{22} \frac{\partial^2 x}{\partial \xi^2} - 2g_{12} \frac{\partial^2 x}{\partial \xi \partial \eta} + g_{11} \frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2} + g \left(P(\xi, \eta) \frac{\partial x}{\partial \xi} + Q(\xi, \eta) \frac{\partial x}{\partial \eta} \right) = 0, \\ g_{22} \frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2} - 2g_{12} \frac{\partial^2 y}{\partial \xi \partial \eta} + g_{11} \frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2} + g \left(P(\xi, \eta) \frac{\partial y}{\partial \xi} + Q(\xi, \eta) \frac{\partial y}{\partial \eta} \right) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

де

$$g_{11} = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \xi}\right)^2, \quad g_{12} = \frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta} + \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta}, \quad (4)$$

$$g_{22} = \left(\frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \eta}\right)^2, \quad g = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta} - \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2.$$

У загальному випадку рівняння (3) є нелінійними, тому розв'язуються чисельно, використовуючи, наприклад, різницеві схеми. Розглянемо згущення вузлів до певної координатної лінії, для цього можна використати контрольні функції, що можуть бути задані формулами:

$$P(\xi, \eta) = -\sum_{n=1}^N a_n \frac{(\xi - \xi_n)}{|\xi - \xi_n|} e^{-c_n |\xi - \xi_n|}, \quad (5)$$

$$Q(\xi, \eta) = -\sum_{n=1}^N a_n \frac{(\eta - \eta_n)}{|\eta - \eta_n|} e^{-c_n |\eta - \eta_n|}, \quad (6)$$

де N – кількість ліній (координатних ліній $\xi = \xi_n$ та $\eta = \eta_n$), біля яких сітка повинна згущуватися, а коефіцієнти a_n, c_n – додатні параметри.

Функція (5) приводить до суміщення ліній $\xi = const$ до лінії $\xi = \xi_n$, а функція (6) приводить до суміщення ліній $\eta = const$ до лінії $\eta = \eta_n$. Вплив параметрів контрольних функцій (5) та (6) на якість сітки під час 2D моделювання було розглянуто в статтях [5-6].

Розглянемо вплив параметрів контрольних функцій (5) та (6) на сітку, що є моделлю поверхні. Виконаємо дослідження поверхні обертання. Оскільки циліндричні та конічні форми розповсюджені в інженерних конструкціях, то дослідження згущення сітки таких поверхонь в місцях концентрації напруги є актуальною задачею. Виконуємо генерацію сітки в пакеті програм Scilab за допомогою формул (3)-(4), а згущення по вертикальним лініям за допомогою формули (6). Під час дослідження було розглянуто комбінації поверхонь наступних тіл обертання: циліндра та конуса, циліндра та сфери та двох конічних поверхонь (рис. 1).

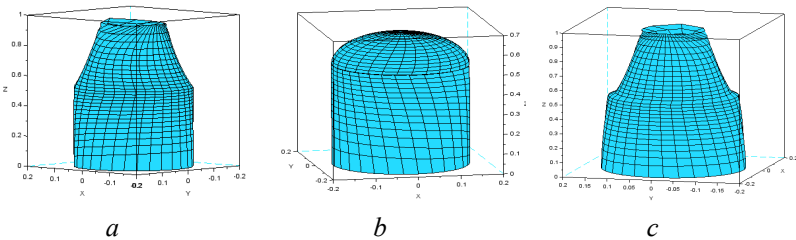


Рисунок 1. Згущення сітки під час комбінації поверхонь: *a)* циліндр та конус; *b)* циліндр та сфера; *c)* 2 конічні поверхні.

Висновки. В роботі було розглянуто методи побудови структурованих дискретних моделей на прикладі вже відомих поверхонь. Особлива

увага була приділена дослідженню впливу контрольних функцій на керування сіткою. В роботі виконано генерацію сітки на прикладі диференціального рівняння Пуассона. Для деформації сітки застосовано контролюючі функції, за допомогою яких можна побудувати згущення до необхідних координатних ліній. Досліджено вплив параметрів контролюючих функцій на якість отриманої сітки – ортогональність координатних ліній. Для демонстрації згущення в пакеті програм Scilab обрано поверхні тіл обертання та їх комбінації, що мають кращі властивості обтікання порівняно з поверхнями многогранників та широко застосовуються в аеробудівній та ракетобудівній галузі.

Література

1. Xia K., Zhan M., Wan D., Wei G.W. Adaptively deformed mesh based interface method for elliptic equations with discontinuous coefficients // *J Comput Phys.*, 2012. – № 231 (4). – P. 1440–1461.
2. Huang W, Ma J. T, Russell R. D. A study of moving mesh PDE methods for numerical simulation of blowup in reaction diffusion equations // *J Comput Phys.*, 2008. – № 227. – P. 6532–6552.
3. Wan D. C., Turek S. An efficient multigrid-FEM method for the simulation of solid-liquid two phase flows // *J Computational and Applied Mathematics*, 2007. – № 203. – P. 561–580.
4. Wan D. C., Turek S. Fictitious boundary and moving mesh methods for the numerical simulation of rigid particulate flows // *J Comput Phys.*, 2007. – № 222. – P. 28–56.
5. Халанчук Л. В., Чопоров С. В. Дослідження генерації нерівномірних структурованих дискретних моделей двовимірних геометричних об'єктів // *Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки*, 2020. – № 1. – С. 106-112.
6. Халанчук Л. В., Чопоров С. В. Розробка методу побудови нерівномірних сіток на базі диференціального рівняння Пуассона // *Прикладні питання математичного моделювання. – Херсон: Херсонський національний технічний університет*, 2020. – 3, № 2.2. – С. 274-282.
7. Вальгер С. А., Федорова Н. Н. Применение алгоритма к адаптации расчетной сетки к решению уравнений Эйлера. // *Вычислительные технологии*, 2012. – 17, № 3. – С. 24-33.